

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-078759
(43)Date of publication of application : 20.03.1995

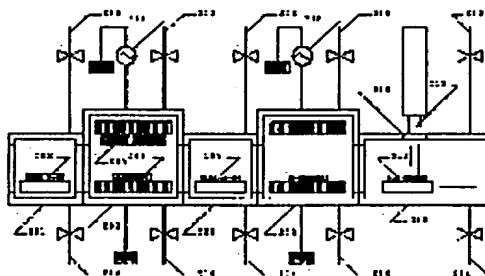
(51)Int. Cl. H01L 21/20
H01L 21/203
H01L 21/268
H01L 27/12
H01L 29/786
H01L 21/336

(21)Application number : 04-350547 (71)Applicant : SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD
(22)Date of filing : 04.12.1992 (72)Inventor : YAMAZAKI SHUNPEI
CHIYOU KOUYUU
KUSUMOTO NAOTO
TAKEMURA YASUHIKO

(54) METHOD AND DEVICE OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR MATERIAL**(57)Abstract:**

PURPOSE: To enable semiconductor material to be improved in reproducibility and enhanced in characteristics by a method wherein the semiconductor material is continuously subjected to laser annealing under vacuum without breaking vacuum when a film is formed.

CONSTITUTION: A substrate 20 is set in a first preparatory chamber 201, and the preparatory chamber 201 is heated and exhausted. Then, a first chamber 203 is exhausted, a substrate 202 is transferred from the preparatory chamber 201 to the first chamber 203, and a film is formed through sputtering for the formation of a substrate 204. Next, a second preparatory chamber 206 is exhausted, and the substrate 204 is transferred from the first chamber 203 to the preparatory chamber 206. Furthermore, a second chamber 208 is exhausted, a substrate 207 is transferred from the preparatory chamber 206 to the second chamber 208, and a film is formed for the formation of a substrate. Then, a third preparatory chamber 209 is exhausted, and the substrate is transferred from the second chamber 208 to the third preparatory chamber 209. A substrate 211 is irradiated with excimer laser ray 212 through a window 210 provided to the third preparatory chamber 209 to execute a laser annealing process. Thereafter, the third preparatory chamber 209 is made to return to an atmospheric pressure, and then the substrate 211 is taken out of the chamber 209.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.03.1995

[Date of sending the examiner's decision
of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2840802

[Date of registration] 23.10.1998

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998, 2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-78759

(43) 公開日 平成7年(1995)3月20日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/20
21/203
21/268
27/12

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

8122-4M
S 8122-4M
Z
R

9056-4M

H 0 1 L 29/78

3 1 1 Y

審査請求 未請求 請求項の数2 F D (全6頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平4-350547

(62) 分割の表示

特願平3-80800の分割

(22) 出願日

平成3年(1991)3月18日

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 張 宏勇

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 楠本 直人

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

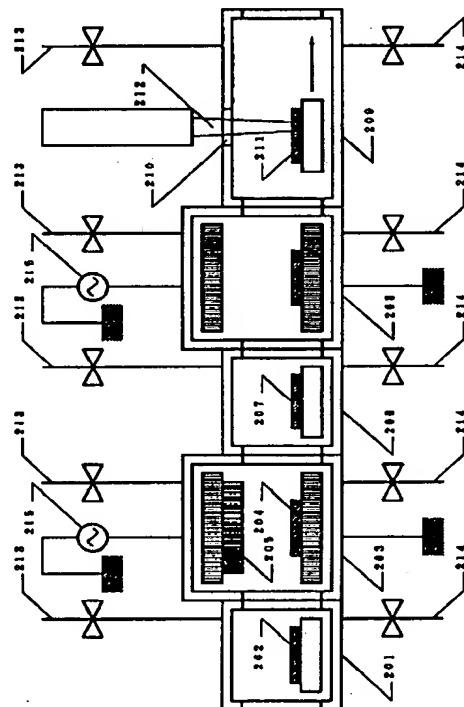
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体材料の製造方法および製造装置

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、信頼性、電気的特性に優れた半導体材料、特に膜状に形成される半導体材料を提供することを目的とする。

【構成】 成膜、イオン注入等の真空処理後に外気に触れることなく、連続的にレーザーアニールをおこなうことによって半導体材料の特性を良好なものとする。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも2つの真空処理チャンバーを有する半導体製造装置において、1つのチャンバーはレーザーアニールのためのチャンバーであり、かつ、他の真空処理チャンバーのうち、少なくとも1つの真空処理チャンバーにおいて処理を受けた基板が、該レーザーアニールのためのチャンバーに移送され、レーザーアニールされることを特徴とする半導体材料の製造装置。

【請求項2】 基板上に半導体材料を形成する方法において、成膜チャンバーにおいて成膜後に、当該基板が他のチャンバーに移送された後、外気に触れることなくレーザーアニールされることを特徴とする半導体材料の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体素子の製造方法、製造装置に関する。本発明は、半導体材料の特性向上を目的とし、本発明による半導体材料を利用することによって特性の改善された半導体素子を提供するための製造装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体製造過程において、アモルファス状態の半導体材料が生成することが知られていた。例えば、低温でのスパッタリング法や化学的気相成長法（CVD法）による成膜や高エネルギーイオン照射によって、アモルファス半導体被膜やアモルファス状態の表面が得られた。なお、本明細書でアモルファスという言葉は、純粋に原子レベルでの無秩序だけを意味するのではなく、数nm程度の近距離秩序が存在しているような物質をも含めて使用される。具体的には電子移動度にして $10\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 以下の珪素材料もしくはその物質のキャリア移動度が、その半導体物質の本質的なキャリア移動度の1%以下の材料を意味している。

【0003】さて、アモルファス半導体（アモルファスシリコンやアモルファスゲルマニウム等）はそのキャリア移動度（電子移動度やホール移動度）が著しく小さいため、これをそのまま、例えば薄膜トランジスタ（TFT）のチャネル形成領域やソース、ドレイン等の不純物領域として用いることは稀で、通常はこれらアモルファス半導体材料を 400°C 以上の温度で結晶化させて用いられていた。しかしながら、このような熱的な結晶化は、温度を下げようとすれば長時間の熱処理が要求され、また、短時間の処理に使用とすれば高温の処理が必要とされた。基板の耐熱性や量産性等の制限を抱えるプロセスにおいては、低温で短時間の処理が望まれるのであるが、従来の熱的な方法では解決できない課題であった。

【0004】近年になって、アモルファス状態の被膜や表面にレーザー光やキセノンランプ光等の強光を照射して、結晶性の半導体材料に変成せしめて、そのキャリア

2

移動度を向上させる方法が開発された。（以下の文章ではこの方法を「レーザーアニール」と呼ぶことにするが、必ずしもレーザーを用いなければならないわけではない。レーザー光照射と同様に強力なフラッシュランプを照射する場合も含まれるものとする。）この方法では、基板の実質的な温度は 400°C 以下とすることができ、かつ、処理時間も短く、量産性に優れていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特性の優れた半導体材料（例えば、高移動度の半導体材料）をレーザーアニール法によって再現性良く得ることは困難であった。そして、その原因も単なるレーザーのエネルギーのばらつきに帰せられるだけで、抜本的な解決法は知られていなかった。本発明は再現性を改善して、安定して特性の良い半導体材料を提供する方法を示すとともに、従来にもまして、量産性の優れた製造方法（処理方法）を示す。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明人は、レーザーアニールの不安定性の原因の1つとして膜中の酸素、窒素、炭素等の異元素の存在があると考えた。そして、原料の被膜にこのような異元素が極めて少ない純粋な半導体材料（シリコンやゲルマニウム）を用いて、レーザーアニールをおこなうことによって、移動度の高い半導体とすることができることを見いだした。

【0007】しかしながら、再現性良く良好な特性を得ることは困難であった。その原因としては、レーザーアニールの際に被膜の雰囲気に含まれる酸素ガス、窒素ガス、水分、二酸化炭素等が膜中に取り込まれ、あるいは膜の表面に吸着されていたこれらのガスが、レーザーアニールの際に膜中に取り込まれることがあると推定された。

【0008】この困難を避けるためには特別な作製方法が必要である。すなわち、アモルファス被膜・表面の作製・形成とレーザーアニール工程とを連続的におこない、その間に外気と接触しないような工夫が必要である。そのためには成膜装置、イオン注入装置等の真空処理装置とレーザーアニール装置と連結して、試料を外部に取り出すことなく連続的に操業できるようにすることが必要である。

【0009】また、このような連続的な処理をおこなう場合には、個々の真空処理装置から外部に試料を取り出して、レーザーアニール処理をおこなうよりも生産性が向上する場合があることも明らかになった。

【0010】なお、高いキャリア移動度を得るためには、上記以外に、レーザーアニールの条件を最適化しなければならないことは勿論である。このレーザーアニールの条件は、レーザーの発振条件（連続発振もしくはパルス発振、繰り返し周波数、強度、波長、被膜等）によって異なり、一概には言えない。レーザーとしてはエキ

3

シマーレーザーの如き紫外線レーザー、YAGレーザーの如き可視、赤外レーザーが使用でき、レーザーアニールする被膜の厚さ等によって選択することが必要である。すなわち、一般に珪素あるいはゲルマニウム材料においては、紫外線に対する吸収長が短いため、レーザー光は深部までは入らず、レーザーアニールは表面の比較的浅い領域でのみ起こる。これに対し、可視光、赤外線に対しては吸収長が長く、光が比較的内部まで侵入し、よって、レーザーアニールは深い部分でも起こる。以下に実施例を示し、より詳細に本発明を説明する。

【0011】

【実施例】

【実施例1】プレーナ構造のTFTを作製し、その電気特性を評価した。まず、2つのチャンバーを有する成膜装置を用いて、厚さ約100nmのアモルファスシリコン被膜とその上の厚さ10nmの窒化珪素被膜とを厚さ10nmの窒化珪素被膜でコーティングされた石英基板上に連続的に形成した。アモルファスシリコン膜は通常のスパッタ法によって、また、窒化珪素膜はグロー放電プラズマCVD法によって作製した。成膜装置およびレーザーアニール装置は図2に示されるものを用いた。

【0012】まず、第1の予備室201に基板202をセットし、予備室を200℃に加熱するとともに、真空排気し、予備室の圧力が 10^{-6} torr以下の状態で1時間保持した。ついで、成膜時以外は常に 10^{-4} torr以下に保持され、外気が入らないように管理された第1のチャンバー203を 10^{-6} torrまで排気し、予備室201から基板を移動させて第1のチャンバー203に基板をセットし、基板204およびターゲット205を200℃に保持したまま、真空排気し、チャンバーの圧力が 10^{-6} torr以下の状態で1時間保持した。そして、チャンバー内にアルゴンガスを導入し、RFプラズマを発生させて、スパッタ成膜をおこなった。スパッタのターゲット205は99.9999%以上の純度の珪素ターゲットを使用し、かつ、1ppmのリンを含んでいる。成膜時の基板温度は150℃、雰囲気は実質的に100%アルゴンで圧力は 5×10^{-2} torrであった。アルゴンには水素その他のガスを意図的に添加しなかった。アルゴンの濃度は99.9999%以上であった。投入電力は200Wで、RF周波数は13.56 MHzであった。

【0013】成膜終了後、RF放電を停止し、第1のチャンバー203を 10^{-6} torrまで排気した。ついで、常に 10^{-5} torr以下に保持され、第1のチャンバー203と第2のチャンバー208の間に設けられている第2の予備室206を 10^{-6} torrまで真空排気し、第1のチャンバー203から第2の予備室206に基板を移送した。さらに、成膜時以外は常に 10^{-4} torr以下に保持され、外気が入らないように管理された第2のチャンバー208を 10^{-6} torrまで排気し、

4

第2の予備室206から基板207を移動させて第2のチャンバー208に基板をセットし、基板209を200℃に保持したまま、真空排気し、チャンバーの圧力が 10^{-6} torr以下の状態で1時間保持した。

【0014】そして、第2のチャンバー208に水素で希釈された純度99.9999%以上のアンモニアガスおよびジシランガス(Si_2H_6)を3:2の割合で導入し、全体の圧力を 10^{-1} torrとした。そして、チャンバーにRF電流を導入し、プラズマを発生させ窒化珪素の成膜をおこなった。投入電力(13.56 MHz)は200Wであった。

【0015】成膜終了後、RF放電を停止し、第2のチャンバー208を 10^{-6} torrまで排気した。ついで、第2のチャンバー208の片側に設けられ、石英の窓210を有する第3の予備室209を 10^{-6} torrまで真空排気し、第2のチャンバー208から第3の予備室209に基板を移送した。そして、第3の予備室の窓210を通してエキシマーレーザー光212を基板211照射し、レーザーアニールをおこなった。

【0016】このように、成膜状態から実質的に真空状態を破ることなく、連続的にレーザーアニールをおこなう方法は、この実施例に示されているように、アモルファス半導体膜上に本実施例の窒化珪素膜ごときの保護膜が形成されている場合であっても、また、何ら保護膜が形成されていない場合であっても極めて有効であった。その理由としては、被膜上に、ホコリ等の結晶成長の核となる材料が付着したり傷が付いたりすることはおろか、水分やガスの吸着もなく、また、真空状態から大気圧状態に移行する際に、被膜が非均一な応力を受けることによる、小さな膜表面の変化、突起等がなかったためであると考えている。

【0017】また、このように成膜とレーザーアニールを連続的におこなう場合には、本実施例のように成膜室と予備室とを設け、予備室(例えば209)に窓を設けてレーザーアニールをおこなう方法と、成膜室に窓を設け、成膜室で成膜終了後にレーザーアニールをおこなう方法とが考えられるが、後者は成膜によって窓が曇ってしまうため、常に窓に付着する被膜をエッチングしなければならないのに対し、前者ではその必要がない。したがって、量産性とメンテナンス性を考慮すれば、前者の方法が優れているといえる。

【0018】さて、第3の予備室209においてレーザーアニールを終了したのち、第3の予備室に乾燥窒素ガスを導入し、大気圧とし、基板を取り出した。そして、窒化珪素膜を公知のドライエッチング法によって除去したのち、珪素膜を図1(A)に示すように $1.00 \mu\text{m} \times 500 \mu\text{m}$ の島状の長方形102にエッチングした。101は基板である。

【0019】この被膜の酸素、窒素および炭素の濃度はいずれも 10^{16}cm^{-3} 以下であることは、同じ工程で作

5

製された別の被膜を2次イオン質量分析法(SIMS)によって分析することによって確認した。

【0020】さらに酸素雰囲気中でのスパッタ法によって厚さ約100nmのゲイト絶縁膜103を形成した。このときの基板温度は150℃、RF(13.56MHz)投入電力は400Wであった。スパッタのターゲットは99.9999%以上の純度の酸化珪素であった。雰囲気は実質的に酸素で、意図的には他のガスは加えなかった。酸素の濃度は99.999%以上であった。圧力は 5×10^{-2} torrであった。

【0021】その後、アルミニウム膜(厚さ200nm)を公知の真空蒸着法によって形成し、不必要な部分を公知のドライエッチング法によって除去し、ゲイト電極104を形成した。ゲイト電極の幅は100μmであった。このとき、ドライエッチングに用いられたフォトリジスト105はゲイト電極の上に残されていた。

【0022】ついで、イオン打ち込み法によって、ゲイト電極の部分以外にホウソイオンを 10^{14} cm⁻²注入した。ゲイト電極の下には、その上のゲイト電極とフォトリジストがマスクとなってホウソイオンは注入されない。この工程によって、珪素被膜中に不純物領域、すなわち、ソース領域106とドレイン領域107が形成された。

【0023】さらに、基板全体を真空容器に置き、 10^{-5} torrの圧力でエキシマレーザー光を、基板の裏面から照射して、レーザーアニールをおこなった。この工程によって、イオン打ち込み工程によってアモルファス化した不純物領域のアモルファス・シリコン膜が結晶化された。

【0024】この方法では、ソース、ドレイン領域の活性化のための2回目のレーザーアニールを基板の表面からではなく、裏面からおこなうということによって、不純物領域106、107とチャネル形成領域の連続的な接続を形成できる。

【0025】ついで、水素雰囲気中での熱アニールをおこなった。真空排気できるチャンバー内に基板を置き、いったん 10^{-6} torrまでターボ分子ポンプによって排気し、さらに100℃に加熱した。この状態を30分保ったのち、99.99%以上の純度の水素ガスを100 torrまでチャンバー内に導入し、基板を300℃で6.0分アニールした。ここで、一度真空排気したのは、被膜に吸着されたガス・水分等を除去するためである。これらが残存した状態で熱アニールをおこなうと、高い移動度を再現性よく得られないことが経験的にわかっていった。

【0026】最後に、ソース領域およびドレイン領域の上に存在する酸化珪素膜(厚さ100nm)に穴を開け、アルミニウム電極108、109をこれらの領域に形成した。以上の工程によって薄膜状の電界効果型トランジスタが形成された。

6

【0027】この電界効果型トランジスタを100個作製して、それらのIV特性を測定した結果、チャネル形成領域の電子移動度は平均で $275 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ であった。さらに、しきい値電圧(スレッシュホールド電圧)の平均は4.2Vであった。ドレイン電流の比率の平均は 8×10^6 であった。電子移動度の基準値を $100 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 、スレッシュホールド電圧の基準値を5.0V、ドレイン電流比の基準値を 1×10^6 として、100個の電界効果型トランジスタの合格・不合格を調べたところ、81個が合格した。

【0028】〔実施例2〕プレーナ構造のTFTを作製し、その電気特性を評価した。まず、実施例3と同様に2つのチャンバーを有する成膜装置を用いて、厚さ約100nmのアモルファスシリコン被膜とその上の厚さ10nmの窒化珪素被膜とを厚さ10nmの窒化珪素被膜でコーティングされた石英基板上に連続的に形成した。アモルファスシリコン膜は通常のスパッタ法によって、また、窒化珪素膜はグロー放電プラズマCVD法によって作製した。装置は図2に示されるものを用いた。

【0029】まず、第1の予備室201に基板をセットし、予備室を加熱、真空排気し、予備室の圧力が 10^{-6} torr以下の状態で1時間保持した。ついで、第1のチャンバー203を 10^{-6} torrまで排気し、予備室201から基板を移動させて第1のチャンバー203に基板をセットし、基板およびターゲットを加熱したまま、真空排気し、チャンバーの圧力が 10^{-6} torr以下の状態で1時間保持した。そして、チャンバー内にアルゴンガスを導入し、RFプラズマを発生させて、スパッタ成膜をおこなった。

【0030】成膜終了後、RF放電を停止し、第1のチャンバー203を排気した。ついで、第1のチャンバー203と第2のチャンバー208の間に設けられている第2の予備室206を真空排気し、第1のチャンバー203から第2の予備室206に基板を移送した。さらに、第2のチャンバー208を排気し、第2の予備室206から基板を移動させて第2のチャンバー208に基板をセットし、基板を加熱したまま、真空排気し、チャンバーの圧力が 10^{-6} torr以下の状態で1時間保持した。

【0031】そして、第2のチャンバー208にアンモニアガスおよびジシランガス(Si_2H_6)を導入し、全体の圧力を 10^{-1} torrとした。そして、チャンバーにRF電流を導入し、プラズマを発生させ窒化珪素の成膜をおこなった。投入電力(13.56MHz)は200Wであった。

【0032】成膜終了後、RF放電を停止し、第2のチャンバー208を排気した。ついで、第2のチャンバー208の片側に設けられ、石英の窓210を有する第3の予備室209を真空排気し、第2のチャンバー208から第3の予備室209に基板を移送した。そして、第

7

3の予備室209に純度99.9999%以上のアルゴンガスを導入し、内部の圧力を5気圧とした。そして、第3の予備室の窓210を通してエキシマーレーザー光212を照射し、レーザーアニールをおこなった。

【0033】このように、成膜状態から外気に触れることなく、連続的にレーザーアニールをおこなう方法は、この実施例に示されているように、アモルファス半導体膜上に保護膜が形成されている場合であっても、また、保護膜が形成されていない場合であっても極めて有効であった。その理由としては、被膜上に、ホコリ等の結晶成長の核となる材料が付着したり傷が付いたりすることがないというためであると考えられる。さらに、本実施例の場合のように、加圧した雰囲気でのレーザーアニールは、レーザー照射によって、被膜内にミクロな気泡行が発生することを抑制し、特性の劣化を防止する効果がある。

【0034】

【発明の効果】本発明によって、再現性よく、移動度の大きな半導体材料が得られた。本発明では、主として絶縁性基板状に形成した半導体被膜のレーザーアニールについて説明したが、基板の材料としては、モノリシックIC等で用いられるような単結晶珪素基板等の単結晶半導体であってもよい。

【0035】また、実施例では珪素被膜に関して述べたが、ゲルマニウム被膜であっても、また、シリコンゲルマニウム合金被膜であっても、その他の真性半導体材料あるいは化合物半導体材料であっても、本発明を適用することができる。最初に述べたように、本明細書では、アモルファス被膜の移動度改善方法としてレーザーアニールという方法を用いると記述したが、この表現には例えばフラッシュランプアニールのようにレーザーは使用されない方法も含むのである。すなわち、本発明は

8

強力な光学的エネルギーを利用して半導体材料の結晶性を改善する方法に関するものである。

【図面の簡単な説明】

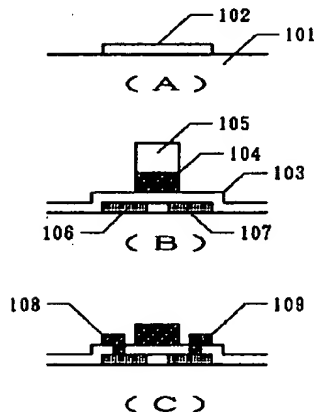
【図1】薄膜トランジスタの作製工程を示す。

【図2】薄膜トランジスタの作製に用いた真空処理装置を示す。

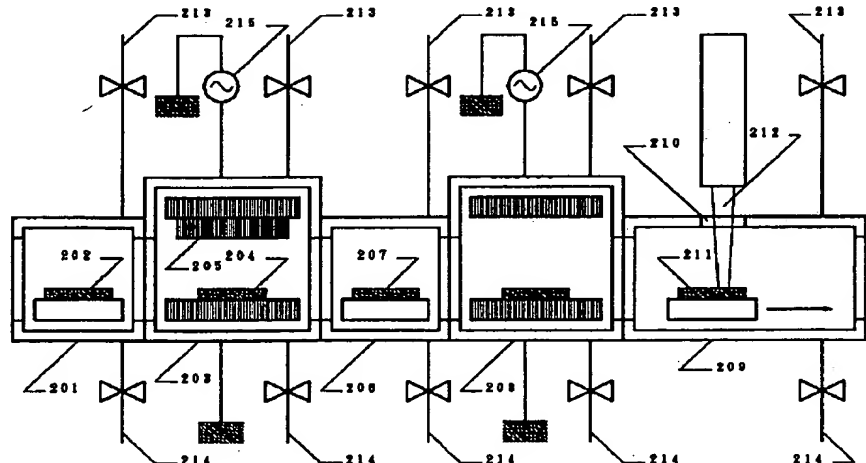
【符号の説明】

- 101・・・基板
- 102・・・半導体被膜
- 103・・・絶縁体被膜
- 104・・・ゲイト電極
- 105・・・フォトレジスト
- 106・・・ソース領域
- 107・・・ドレイン領域
- 108・・・ソース電極
- 109・・・ドレイン電極
- 201・・・第1の予備室
- 202・・・基板
- 203・・・第1のチャンパー
- 204・・・基板
- 205・・・ターゲット
- 206・・・第2の予備室
- 207・・・基板
- 208・・・第2のチャンパー
- 209・・・第3の予備室
- 210・・・石英の窓
- 211・・・基板
- 212・・・エキシマー・レーザー光
- 213・・・ガス導入系
- 214・・・排気系
- 215・・・RF電源

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H O 1 L	29/786			
	21/336			

(72) 発明者 竹村 保彦
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内